

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 19.03.93.

③0 Priorité :

④3 Date de la mise à disposition du public de la demande : 23.09.94 Bulletin 94/38.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule.*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : Société Anonyme dite REGIE NATIONALE DES USINES RENAULT — FR et METRAVIB — FR.

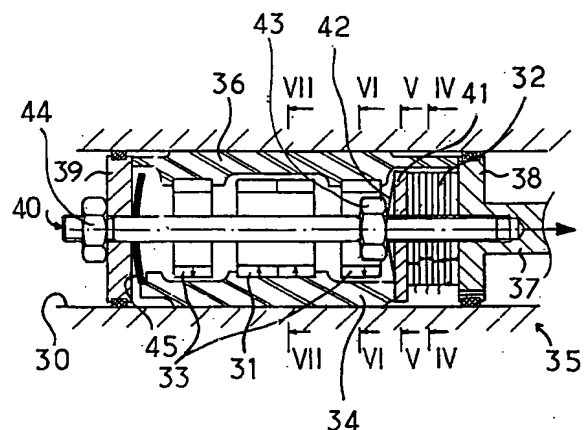
⑦2 Inventeur(s) : Brient Christophe et Cellard Patrick.

⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire : Fernandez Francis Société Anonyme dite Régie Nationale des Usines Renault.

⑤4 Système d'entraînement linéaire utilisant des actionneurs piézoélectriques.

⑤7 Système d'entraînement utilisant des actionneurs piézoélectriques comportant un boîtier (35) définissant une surface intérieure (30) dans laquelle coulisse un équipage mobile composé d'un actionneur piézoélectrique longitudinal (32) et de deux actionneurs de blocage (31, 33) coopérant respectivement avec des patins de friction (34, 36), ledit équipage étant solidaire d'une tige de manoeuvre (37), caractérisé en ce que lesdits patins de frictions (34, 36) sont agencés de façon à occuper sensiblement la même position axiale à l'intérieur dudit boîtier (35).



A-

5                    SYSTEME D'ENTRAINEMENT LINEAIRE UTILISANT  
DES ACTIONNEURS PIEZOELECTRIQUES

10                    La présente invention concerne un système  
d'entraînement linéaire utilisant des actionneurs  
piézoélectriques. L'invention a plus  
particulièrement trait à un système d'entraînement  
linéaire à actionneurs piézoélectriques, permettant  
15 de grands déplacements axiaux et développant des  
efforts importants sous un faible encombrement.

                  La réalisation de systèmes d'entraînement à  
actionneurs piézoélectriques est déjà largement  
20 connue, on peut citer notamment les publications de  
S.UEHA (J. Acoustic. Ceramic. Soc. Am. 77 n°4, pp  
1431-1435), de A.KUMADA (Japan J. of Applied  
Physic, Vol 24 sup 24-2, pp 739-741), ou encore de  
M.TOHDA (Ferroelectrics 1989 - vol 93, pp 287-294).

25                    Il est également connu d'employer de tels  
systèmes d'entraînement à actionneurs  
piézoélectriques, rotatifs ou linéaires, dans  
l'industrie et notamment l'industrie automobile, on  
30 peut ainsi citer le document N° EP-A-296703 relatif  
à un système de commande de frein de véhicule  
automobile utilisant un moteur à onde progressive  
dont la vitesse est ajustée par un réducteur à  
pignon planétaire, ou encore le document N° DE-A-  
35 3.908.686 décrivant la commande d'un papillon des

gaz d'un moteur à combustion interne par un moteur à onde progressive.

5 Les différents systèmes d'entraînement à actionneurs piézoélectriques développés dans l'état de la technique présentent des caractéristiques avantageuses comme un faible encombrement, une simplicité de réalisation, un couple maximum obtenu à basse vitesse, ou encore un fonctionnement  
10 silencieux.

Toutefois ces systèmes d'entraînement à actionneurs piézoélectriques ont pour inconvénients d'avoir un rendement assez faible de l'ordre de  
15 50%, de nécessiter une commande utilisant des tensions électriques élevées, et pour les systèmes d'entraînement linéaires d'être généralement limités quant à leurs courses et de ne pas permettre de développer des efforts très  
20 importants.

L'objet de l'invention est donc de réaliser un système d'entraînement linéaire à actionneurs piézoélectriques de conception simple et peu  
25 onéreuse permettant d'une part de développer des efforts importants dans un encombrement demeurant réduit et permettant d'autre part d'opérer des déplacements importants.

30 Le système d'entraînement linéaire utilisant des actionneurs piézoélectriques selon l'invention comporte un boîtier comportant une surface intérieure dans laquelle coulissera un équipage mobile composé d'un actionneur  
35 piézoélectrique longitudinal et de deux actionneurs

transversaux de blocage coopérant avec des patins de friction, l'équipage mobile étant solidaire par exemple d'une tige de manoeuvre.

5                    Selon l'invention, le système d'entraînement linéaire à actionneurs piézoélectriques est caractérisé en ce que les patins de frictions sont agencés de façon à occuper  
10                    sensiblement la même position axiale à l'intérieur du boîtier.

                   Selon une autre caractéristique du système d'entraînement à actionneurs piézoélectriques, la surface intérieure du boîtier étant sensiblement  
15                    cylindrique, les patins de friction sont alors formés d'une pluralité de secteurs annulaires s'étendant axialement et agencés alternativement pour former une surface totale de contact  
20                    sensiblement cylindrique.

                   Selon une autre caractéristique du système d'entraînement à actionneurs piézoélectriques, les patins de frictions s'étendent sensiblement sur toute la longueur axiale de l'équipage mobile, les  
25                    différents actionneurs piézoélectriques étant logés à l'intérieur des patins.

                   Selon une autre caractéristique du système d'entraînement à actionneurs piézoélectriques, les  
30                    actionneurs de blocages sont formés par des cylindres creux à parois relativement minces régulièrement répartis sur toute la longueur axiale des patins de friction.

35                    Selon une autre caractéristique du système

d'entraînement à actionneurs piézoélectriques, les actionneurs piézoélectriques et les patins de friction sont logés à l'intérieur du boîtier entre deux pistons de guidage solidaires de la tige de manoeuvre.

Selon une autre caractéristique du système d'entraînement à actionneurs piézoélectriques, les extrémités axiales des patins associés à l'un des actionneurs de blocage sont bloquées axialement entre les deux pistons de guidage, tandis que les extrémités axiales des patins associés à l'autre actionneur de blocage, sensiblement plus courts, sont disposés axialement entre l'actionneur longitudinal et des moyens élastiques agissant en ressort de rappel.

On comprendra mieux les buts, aspects et avantages de la présente invention, d'après la description donnée ci-après d'un mode de réalisation de l'invention, ce mode de réalisation étant donné à titre d'exemple non limitatif, en se référant au dessin annexé, dans lequel :

- la figure 1 est une vue schématique d'un système d'entraînement utilisant un actionneur piézoélectrique du type à onde progressive ;

- la figure 2a est une vue en coupe longitudinale partielle d'un système d'entraînement linéaire utilisant des actionneurs piézoélectriques selon un art antérieur ;

- les figures 2b, 2c, 2d sont des vues schématiques similaires à la figure 2a précisant le

fonctionnement du système d'entraînement linéaire à actionneur piézoélectrique selon l'art antérieur ;

5 - la figure 3 est une vue en coupe longitudinale partielle du système d'entraînement linéaire à actionneurs piézoélectriques objet de l'invention ;

10 - les figures 4, 5, 6 et 7 sont des vues en coupe partielle du système d'entraînement objet de l'invention, selon respectivement les lignes IV-IV, V-V, VI-VI et VII-VII de la figure 3.

15 Le principe de fonctionnement d'un système d'entraînement piézoélectrique à ondes progressives est rappelé conformément à la figure 1.

20 Des ondes de flexion elliptiques se propagent dans un stator référencé 1 excité par des céramiques piézoélectriques. Cette vibration entraîne alors une pièce mobile référencée 2 plaquée contre ce stator, par friction sur les sommets des ondes, le déplacement de cette pièce mobile s'opérant dans le sens opposé de la  
25 propagation des ondes dans le stator.

30 Le mouvement ondulatoire dans le stator s'obtient par l'intermédiaire de céramiques piézoélectriques correctement disposées et excitées par l'application de tensions électriques déphasées et à fréquence ultrasonore.

35 Un tel principe d'entraînement électromécanique d'une pièce mobile par friction peut également être développé avec des ondes

stationnaires, les modes de vibration se combinent en un mouvement elliptique du stator.

5 De même, la conversion électromécanique peut être obtenue par magnétostriction à partir d'un champ magnétique au lieu d'un champ électrique, et avec des polymères piézoélectriques en lieu et place des céramiques piézoélectriques.

10 La figure 2a rappelle de façon schématique la constitution d'un système d'entraînement linéaire à actionneurs piézoélectriques selon l'art antérieur. Le système d'entraînement, référencé 20, comprend classiquement un boîtier tubulaire 25, de  
15 section donnée : rectangulaire ou encore circulaire, dans lequel coulisse un équipage mobile composé de trois actionneurs piézoélectriques mobiles solidaires d'une tige de manoeuvre 24.

20 Un premier actionneur piézoélectrique 22 est aligné avec la direction axiale du boîtier 25 et est commandé en extension ou en contraction par application d'une tension électrique alternative par des moyens de connexion électrique appropriés  
25 non figurés. Cet actionneur peut être formé par des empilements de céramiques minces mécaniquement en série mais électriquement en parallèle grâce à l'inversion des polarisations des couches adjacentes.

30 Les deux extrémités axiales de l'actionneur longitudinal 22 coopèrent respectivement avec un premier et un second actionneurs piézoélectriques de blocage 21 et 23. Ces actionneurs 21,23 sont  
35 munis à leur périphérie radiale, de patins de

friction non figurés et ils sont alignés perpendiculairement à la direction axiale du boîtier 25 et commandés en extension ou en contraction de façon à amener leurs patins de frictions en contact étroit avec la surface intérieure du boîtier 25 ou à l'en écarter.

Des électrodes appropriées, non représentées, sont connectées avec les trois actionneurs 21,22,23 pour assurer sélectivement la mise sous une tension appropriée de ces derniers.

Conformément aux figures 2a à 2d, le déplacement de l'équipage mobile à l'intérieur du boîtier 25, par exemple de la gauche vers la droite, est alors opéré de la façon suivante.

Le premier actionneur de blocage 21 disposé à la gauche de l'actionneur longitudinal 22 est, figure 2a, commandé en extension ce qui provoque son verrouillage dans le boîtier 25, tandis que le second actionneur de blocage 23 est commandé en contraction. L'actionneur longitudinal 22 est alors, figure 2b, commandé en extension, les actionneurs de blocage 21 et 23 demeurant respectivement commandés en extension et en contraction. Cette commande en extension de l'actionneur 22 entraîne le déplacement de l'actionneur 23 vers la droite l'éloignant de l'actionneur 21, ce dernier immobile demeurant verrouillé dans le boîtier 25.

L'actionneur 23 est ensuite commandé en extension, verrouillant ce dernier dans le boîtier 25, tandis que l'actionneur 21 est commandé en



contraction, figure 2c, puis l'actionneur 22 est à son tour commandé en contraction, figure 2d, entraînant le déplacement de l'actionneur 21 également vers la droite en direction de l'actionneur 23. Ainsi l'équipage mobile et la tige de manoeuvre 24 qui lui est solidaire, ont-ils été décalés vers la droite d'un déplacement prédéterminé et le mouvement se poursuit pas à pas vers la droite par itération du processus décrit ci-dessus.

Les principaux inconvénients d'un tel système d'entraînement selon l'art antérieur sont les suivants. Il résulte, d'une part des pressions produites par les céramiques piézoélectriques et d'autre part des dimensions nécessairement restreintes des surfaces de contact des patins de friction du fait de la compacité de l'équipage mobile, qu'il s'avère difficile d'obtenir des efforts de blocage et donc d'entraînement très importants. Par ailleurs et à moins de pouvoir disposer de matériaux particulièrement peu déformables et de surfaces usinées avec de très grande précision, il résulte d'une part de la faiblesse du jeu fonctionnel existant entre les patins de friction et la surface intérieure du boîtier et d'autre part de la faiblesse des déplacements radiaux des actionneurs de blocage, un risque important de frottement de l'actionneur de blocage commandé en contraction sur la surface intérieure du boîtier lors de la phase d'extension de l'actionneur longitudinal. Un tel frottement affecte le rendement du système d'entraînement linéaire et limite la course utile de ce dernier.

Aussi de tels systèmes d'entraînement linéaires à actionneurs piézoélectriques sont limités à un usage de micropositionneur où l'on met à profit plutôt la précision du positionnement obtenue grâce à la faiblesse du pas élémentaire de l'équipage mobile.

La présente invention, représentée conformément aux figures 3 à 7 où pour faciliter leur compréhension les mêmes références sont attachées aux mêmes éléments, pallie à ces différents inconvénients en autorisant notamment des déplacements et des efforts d'entraînement importants.

Selon le mode de réalisation, le système d'entraînement comprend un équipage mobile coulissant dans un logement du boîtier 35. Cet équipage mobile est formé classiquement de trois actionneurs piézoélectriques, un actionneur 32 aligné avec la direction axiale du boîtier 35 et commandé en extension ou en contraction et deux actionneurs de blocages 31,33 alignés perpendiculairement à la direction axiale du boîtier 35. Ces deux actionneurs de blocage sont munis à leur périphérie radiale de patins de friction et ils sont commandés en extension ou en contraction de façon à amener sélectivement leurs patins de frictions en contact étroit avec la surface intérieure 30 ou à l'en écarter.

Les patins de friction associés aux deux actionneurs piézoélectriques de blocage transversaux 31,33 sont agencés de façon à occuper sensiblement la même position axiale à l'intérieur

du boîtier 35 de manière d'une part à optimiser la  
taille des surfaces de friction dans un  
encombrement donné et d'autre part à supprimer tout  
frottement lors du déplacement de l'équipage mobile  
5 et donc à permettre des courses utiles importantes.

Pour ce faire, les patins de friction des  
deux actionneurs de blocage 31,33 respectivement  
34,36 qui s'appliquent séquentiellement sur la  
10 surface cylindrique 30 du boîtier 35 sont réalisés,  
conformément aux figures 3, 6 et 7, chacun sous la  
forme d'au moins trois secteurs annulaires  
respectivement 34 et 36, s'étendant axialement et  
agencés alternativement pour former une surface  
15 totale de contact sensiblement cylindrique  
s'étendant sensiblement sur toute la longueur  
axiale de l'équipage mobile. Le nombre de secteurs  
affectés à chacun des actionneurs de blocage est  
choisi pour répartir les efforts régulièrement sur  
20 la surface intérieure 30 du boîtier 35.

L'actionneur 31 associé aux secteurs 34 est  
constitué par des céramiques piézoélectriques 33.  
Dans l'exemple de réalisation présenté conformément  
25 aux figures 3, 6 et 7, ces céramiques sont  
constituées par des cylindres creux à parois  
relativement minces s'étendant sensiblement dans la  
partie médiane des secteurs 34.

L'actionneur 33 associé aux secteurs 36 est  
également formé par des céramiques piézoélectriques  
agencées sous la forme de deux cylindres creux à  
parois minces s'étendant respectivement aux deux  
extrémités longitudinales des secteurs 36. Cette  
35 disposition symétrique des actionneurs par rapport

aux patins assure un déplacement uniforme de ces derniers et une bonne répartition des efforts.

5 Les trois actionneurs 32,31,35 coopèrent avec une tige de manoeuvre 37, telle qu'une tige de vérin. Pour ce faire ces actionneurs et leurs patins de friction sont logés à l'intérieur du boîtier 35 entre un premier piston de guidage 38 constitué par un épaulement de la tige 37 et un  
10 second piston 39 solidaire de la tige 37 au moyen d'une vis 40 coaxiale aux différents actionneurs et d'un écrou 44.

15 L'écrou 44 est positionné sur la vis 40 de façon à immobiliser axialement les extrémités axiales des secteurs 36 formant les patins de friction de l'actionneur de blocage 31 entre les deux pistons de guidage 38 et 39. Les secteurs 34 constituant les patins de friction du second  
20 actionneur de blocage 33, sensiblement plus courts que les secteurs 36, sont disposés axialement entre une rondelle 41 en appui contre l'une des extrémités de l'actionneur 32 et une rondelle élastique type "Belleville" 45 adossée contre le  
25 second piston de guidage 39.

L'actionneur 22 est quant à lui disposé entre l'épaulement 38 et la rondelle 41 portée par la vis 40. Un écrou 43 assure le serrage d'une  
30 rondelle élastique type "Belleville" 42 contre la rondelle 41 et, par là, précontraint l'empilement de céramiques piézoélectriques formant l'actionneur longitudinal 32. La rondelle 41 comporte à sa périphérie des dégagements permettant le libre  
35 passage des secteurs 36 qui s'étendent jusqu'à

l'épaulement 38.

Un circuit électrique non figuré permet d'appliquer sélectivement une tension prédéterminée à chacun des actionneurs.

Conformément à la description qui précède et aux figures 3 à 7, un déplacement de l'équipage mobile et donc de la tige 37 de la gauche vers la droite, dans le sens de la flèche figurée à la figure 3, est alors opéré de la façon suivante.

L'actionneur de blocage 31 est commandé en extension ce qui provoque son verrouillage dans le boîtier 35 par application des secteurs correspondants 34 contre la surface 30, tandis que le second actionneur de blocage 33 est commandé en contraction. L'actionneur longitudinal 32 est alors commandé en extension, les actionneurs de blocage 31 et 33 demeurant respectivement commandés en extension et en contraction.

L'extension de l'actionneur 32, ce dernier étant immobilisé quant à son extrémité en appui contre les secteurs 34, ne peut s'opérer que dans la direction opposée à ces secteurs, entraînant alors le déplacement de l'épaulement 38 et donc de la tige 37 vers la droite. Le déplacement de la tige 37 entraîne celui des secteurs 36 et de l'actionneur 33 qui lui sont solidaires ainsi que l'écrasement de la rondelle 45 qui se trouve comprimée entre le piston 39 coulissant à la rencontre des secteurs immobiles 34 et ces derniers demeurant immobiles.

L'actionneur 33 est ensuite commandé en extension, les secteurs 36 bien que disposés sans jeu entre les deux pistons de coulissement 38 et 39 sont poussés radialement au contact de la surface 30 et immobilisent la tige 37 dans la nouvelle position. Les actionneurs 32 et 31 sont alors commandés en contraction, ce qui entraîne le déplacement des secteurs 34 et donc de l'actionneur 31 également vers la droite en direction de l'actionneur 32, sous la poussée de la rondelle 45, qui constitue un ressort de rappel.

Ainsi l'équipage mobile et la tige de manoeuvre 34 qui lui est solidaire, ont-ils été décalés vers la droite d'un déplacement unitaire prédéterminé et le mouvement se poursuit pas à pas vers la droite par itération du processus décrit ci-dessus.

Grâce à l'agencement des différents secteurs 34 et 36 formant les patins de friction des actionneurs de blocage 31 et 33 et à l'importante surface de contact qu'ils offrent, les efforts de blocage et donc d'entraînement générés sont extrêmement importants et ce, sans aucune augmentation de l'encombrement du système d'entraînement. Compte tenu des performances ainsi obtenue en terme d'effort d'entraînement du système il est alors possible d'envisager des applications industrielles variées.

Par ailleurs du fait que les secteurs 34 et 36 occupant sensiblement la même position axiale dans le boîtier 35, il en résulte la suppression de tout frottement de l'équipage mobile lors de ses

déplacements. En effet lorsqu'un des actionneurs de blocage est activé en extension, la forte poussée des secteurs qui lui sont associés sur la surface 30 tend à déformer cette dernière. Une telle déformation favorise l'augmentation du jeu fonctionnel entre cette surface 30 et les secteurs associés à l'autre actionneur de blocage.

Cette caractéristique diminue les contraintes en terme de qualité d'états de surface tant des secteurs 34 et 36 que de la surface 30, il est donc possible de réaliser des boîtiers 35 étendus axialement pour permettre des courses de déplacement importantes et ce pour des coûts de fabrication raisonnables.

Bien entendu, l'invention n'est nullement limitée au mode de réalisation décrit et illustré qui n'a été donné qu'à titre d'exemple.

Au contraire, l'invention comprend tous les équivalents techniques des moyens décrits ainsi que leurs combinaisons si celles-ci sont effectuées suivant son esprit.

Ainsi il est possible de réaliser des systèmes d'entraînement linéaires conformes à la présente invention mais dans une géométrie non circulaire et/ou avec des actionneurs électromécaniques de formes diverses.

### REVENDICATIONS

5

[1] Système d'entraînement utilisant des actionneurs piézoélectriques comportant un boîtier (35) définissant une surface intérieure (30) dans laquelle un équipage mobile est monté coulissant, ledit équipage mobile étant composé d'un actionneur piézoélectrique longitudinal (32) et de deux actionneurs de blocage (31,33) coopérant respectivement avec des patins de friction (34,36), ledit équipage étant solidaire d'une tige de manoeuvre (37), caractérisé en ce que lesdits patins de frictions (34,36) sont agencés de façon à occuper sensiblement la même position axiale à l'intérieur dudit boîtier (35).

20

[2] Système d'entraînement selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite surface (30) est sensiblement cylindrique et en ce que lesdits patins de friction sont formés d'une pluralité de secteurs annulaires (34,36) s'étendant axialement et agencés alternativement pour former une surface totale de contact sensiblement cylindrique.

25

[3] Système d'entraînement selon l'une quelconque des revendications 1 à 2, caractérisé en ce que lesdits patins de frictions (34,36) s'étendent sensiblement sur toute la longueur axiale de l'équipage mobile.

30

[4] Système d'entraînement selon l'une

35

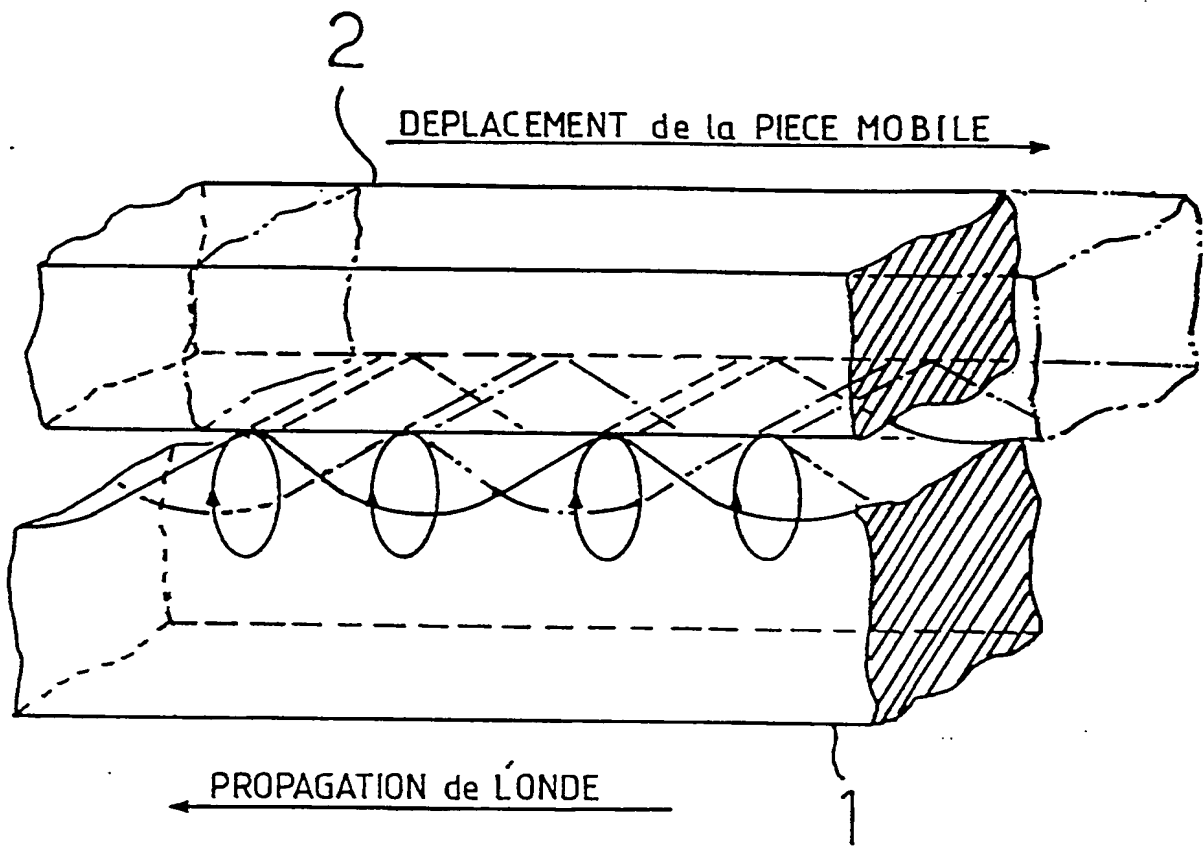


quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que lesdits actionneurs de blocages sont formés par des cylindres creux (31,33) à parois relativement minces s'étendant symétriquement sur toute la longueur axiale des patins de friction (34,36).

[5] Système d'entraînement selon l'une quelconque des revendications 2 à 4, caractérisé en ce que les actionneurs piézoélectriques (31,32,33) et les patins de friction (34,36) sont logés à l'intérieur du boîtier 35 entre deux pistons de guidage (38,39) solidaires de la tige de manoeuvre (37).

[6] Système d'entraînement selon la revendication 5, caractérisé en ce que les extrémités axiales des patins (36) associés à l'un des actionneurs de blocage (33) sont bloqués axialement entre lesdits pistons de guidage (38,39), et en ce que les extrémités axiales des patins (34) associés à l'autre actionneur de blocage (31), sensiblement plus courts sont disposés axialement entre l'actionneur longitudinal (32) et des moyens élastiques de poussée (45).

1 | 4

FIG:1

2 | 4

FIG. 2a

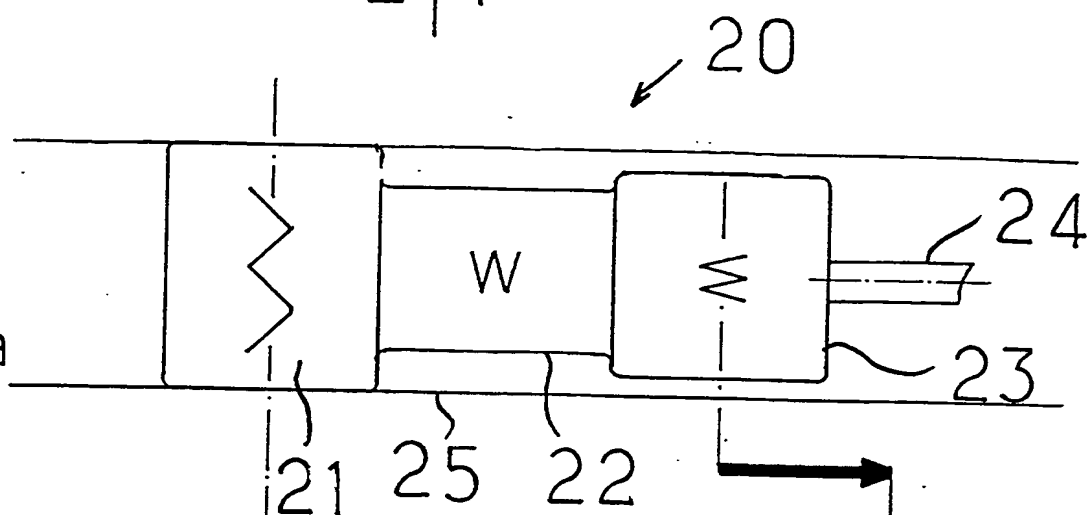


FIG. 2b

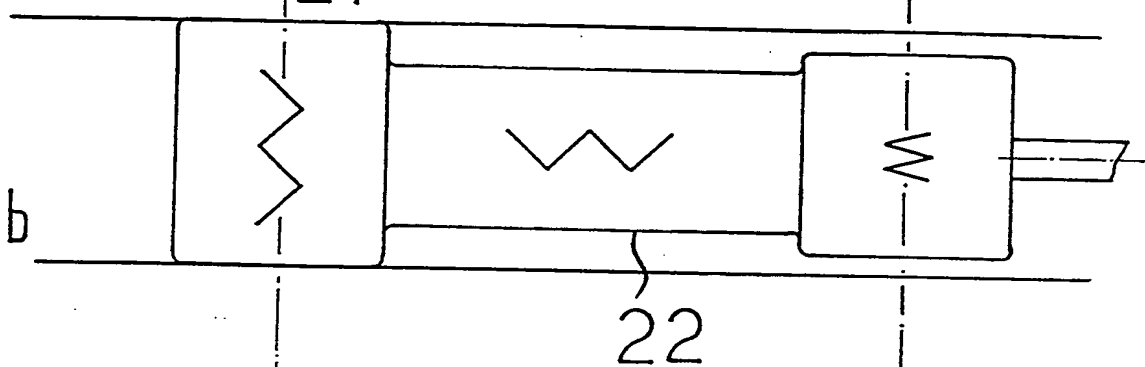


FIG. 2c

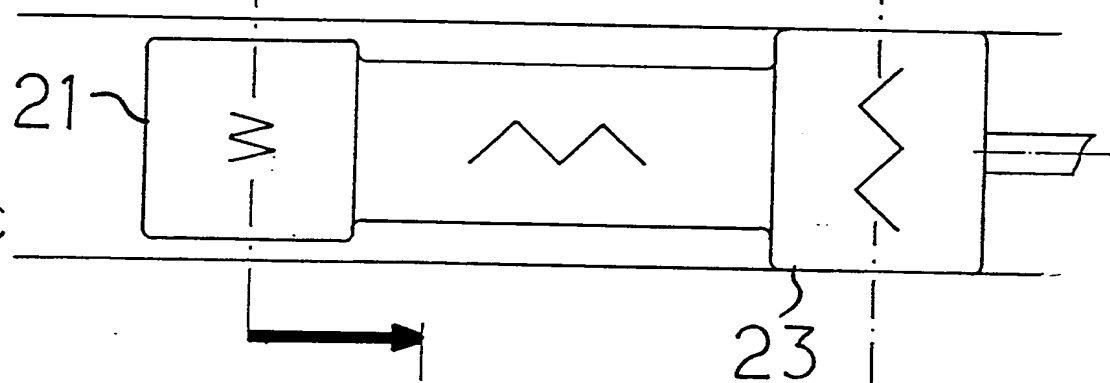
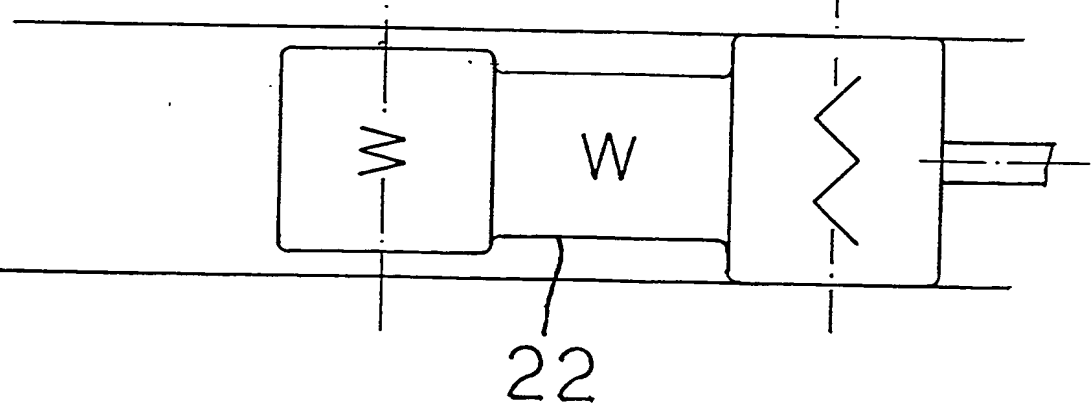


FIG. 2d



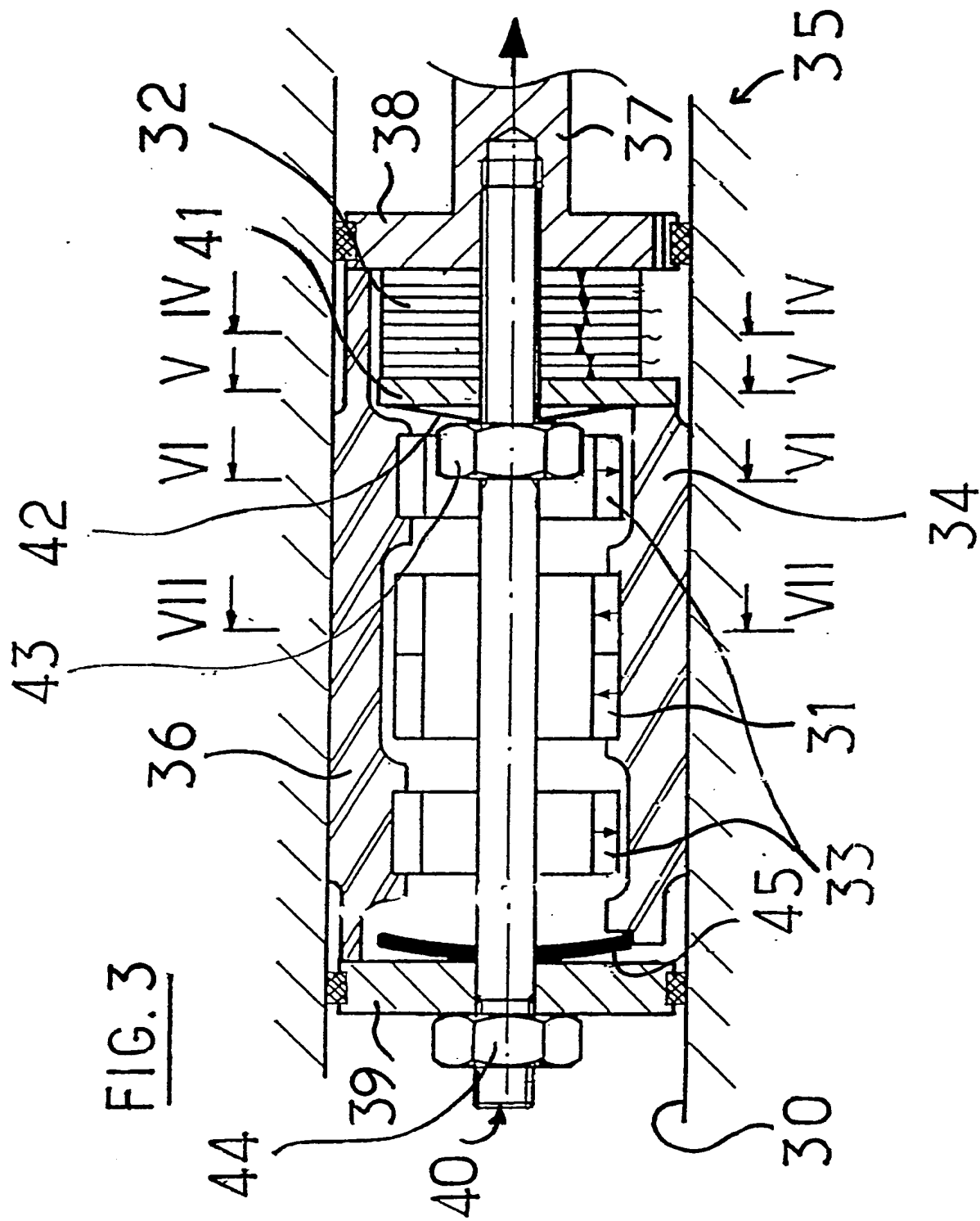


FIG.4

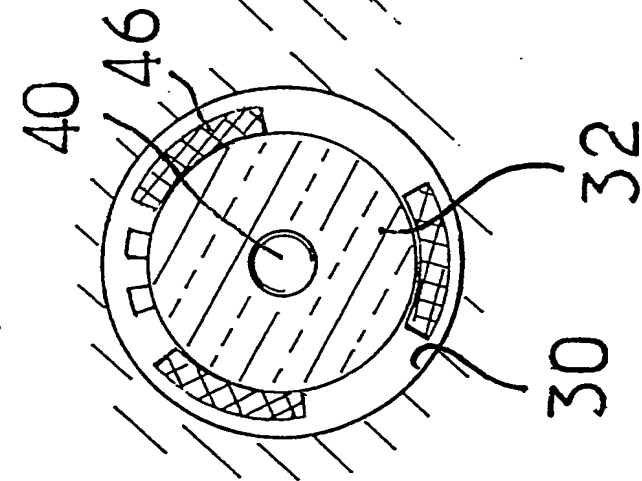


FIG.5

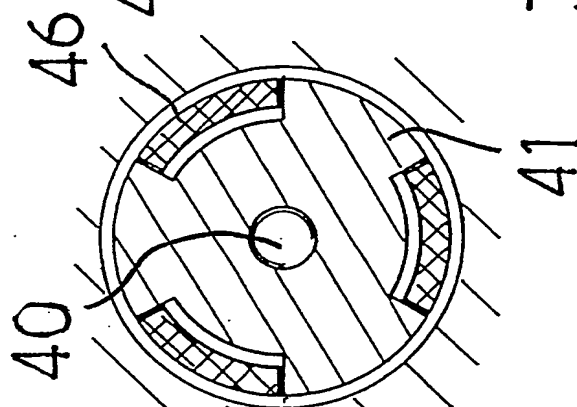


FIG.6

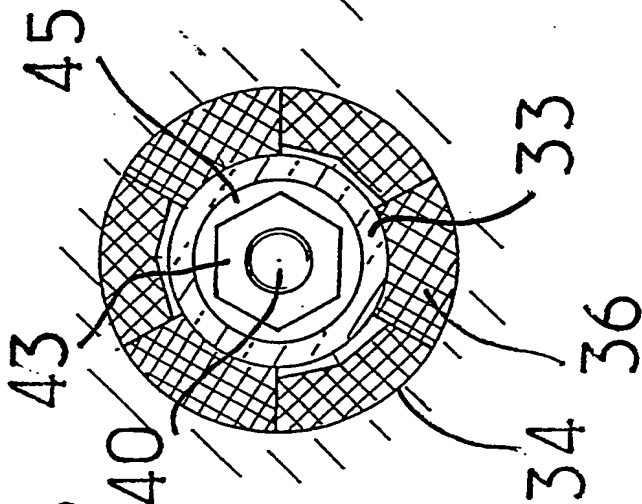
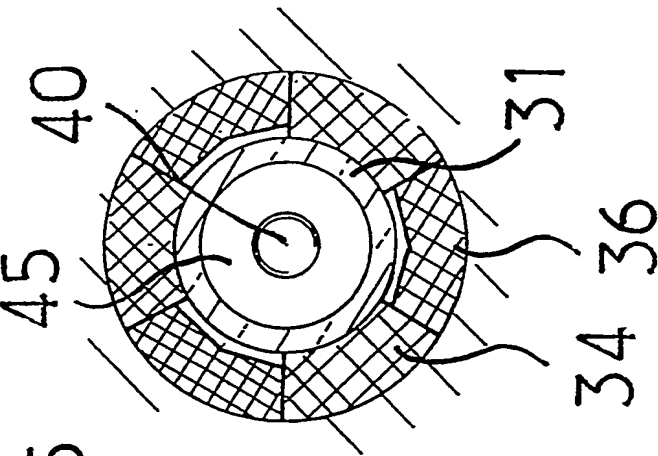


FIG.7



**INSTITUT NATIONAL**

**de la**

## PROPRIETE INDUSTRIELLE

# RAPPORT DE RECHERCHE, SEMINAIRE

**établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche**

FA 483094

**FR 9303185**

[illegible]